

## TABULATION ET ULTRASTRUCTURE DE LA THÈQUE ET DES TRICHOCYSTES DE *GAMBIERDISCUS TOXICUS* (DINOPHYCÉES, PERIDINIALES) EN CULTURE

M. DURAND-CLÉMENT\* et A. COUTÉ\*\*

\*INSERM U 303 "Mer et Santé", B.P. 3, 06230  
Villefranche/Mer, France.

\*\* Laboratoire de Cryptogamie, Muséum National d'His-  
toire Naturelle, 12 rue Buffon, 75005 Paris, France.

**RÉSUMÉ** - *Gambierdiscus toxicus* Adachi et Fukuyo est un dinoflagellé marin dont la diagnose a été établie en 1979. Les auteurs précisent la tabulation de la théca de cette algue et discutent de sa position taxinomique à l'aide d'observations au M.E.B. Ils étudient également l'ultrastructure des plaques thécales et celle des trichocystes au M.E.T.

**ABSTRACT** - *Gambierdiscus toxicus* Adachi et Fukuyo is a marine dinoflagellate which has been described in 1979. The authors specify the tabulation of the theca by mean of S.E.M. and discuss the taxonomical position of this alga. Moreover they study with T.E.M. the ultrastructure of the thecal plates and trichocysts.

**MOTS CLÉS** : *Gambierdiscus toxicus*, Dinophyceae, tabulation, ultrastructure, théque, trichocystes.

### INTRODUCTION

La ciguatera est une affection décrite à l'heure actuelle dans différentes régions comme les Antilles (Morris *et al.*, 1982; Engleberg *et al.*, 1983; Tindall *et al.*, 1984), l'Australie (Lewis & Endean, 1983), la Floride (Bergmann, 1982), Hawaï (Taylor, 1979), l'Inde et Ceylan (Halstead, 1959), le Japon (Nakajima *et al.*, 1981) et la Polynésie française (Bagnis, 1971). A l'impact sanitaire de la ciguatera, vient s'ajouter une perturbation économique. Elle engendre, en effet, une gêne pour les pêcheries locales ainsi que pour l'implantation et le développement des projets d'aquaculture.

L'agent principal responsable de cette intoxication humaine d'origine alimentaire est *Gambierdiscus toxicus* Adachi et Fukuyo. Cette Dinophycée marine, à comportement essentiellement benthique, produit, en effet, les deux groupes de toxines impliquées dans le phénomène, à savoir maïtotoxines et ciguatoxines. Le complexe toxinique se trouve bioaccumulé tout au long de la chaîne alimentaire marine, depuis les poissons herbivores qui broutent la

microflore des gazons coralliens, jusqu'aux carnassiers ichthyophages. La consommation de ces derniers provoque, chez l'homme, une juxtaposition de troubles gastro-intestinaux et neurologiques.

La connaissance détaillée de *G. toxicus* apparaît donc comme le point de départ de toute recherche relative aux composantes épidémiologiques et écologiques de ce phénomène.

*G. toxicus* semble avoir été observé pour la première fois par Silva (1956) dans des échantillons recueillis au Sénégal (Afrique de l'Ouest) et décrit sous le nom de *Goniiodoma* sp. Cette microalgue a été retrouvée aux îles Gambier (Polynésie française) par une équipe franco-japonaise (Bagnis *et al.* 1977) travaillant sur l'épidémiologie de la ciguatera. Cette équipe l'a alors dénommée *Diptopsalis* sp. et a mentionné son intervention probable dans l'étiologie ciguatérique. En 1978, Taylor a isolé ce même organisme à Hawaï et l'a appelé GDT. L'appellation de *Gambierdiscus toxicus* et sa diagnose comme genre et espèce nouveaux ont été établies par Adachi & Fukuyo (1979) à partir d'échantillons provenant des îles Gambier.

Bagnis *et al.* (1980) ont mis en évidence la production, par des cultures uniaxiales de cette Dinophycée, de toxines analogues à celles impliquées dans les empoisonnements ciguatériques.

Depuis, la distribution géographique de cette nouvelle espèce a été précisée et élargie par les travaux de nombreux auteurs, entre autres: Yasumoto *et al.*, 1980 (îles de la Société); Bergmann & Alam, 1981 (Floride); Fukuyo, 1981 (îles de la Société, Nouvelle Calédonie et îles Ryukyu - Japon -); Besada *et al.*, 1982 (St. Barthélémy - Antilles françaises -; Îles Leeward - Petites Antilles - et Florida Keys); Carlson *et al.*, 1984 (îles Vierges); Tindall *et al.*, 1984 (îles Vierges); Ballantine *et al.*, 1985 (Porto Rico); Gillespie *et al.*, 1985 (Queensland - Australie -); Taylor, 1985 (Caraïbes orientales); Memillan *et al.*, 1986 (Saint Thomas - îles Vierges -); Saint-Martin *et al.*, 1988 (Saint Barthélémy - Antilles françaises -); Babinchak *in* Bomber *et al.*, 1990 (Martinique - Antilles françaises -); Bomber *et al.*, 1990 (Florida Keys et Bahamas); Brand *in* Bomber *et al.*, 1990 (Bermudes); Holmes *et al.*, 1990 (Hastings Reef - Australie -).

La plupart des études réalisées jusqu'à présent sur *Gambierdiscus toxicus* ont essentiellement porté sur son rôle dans la genèse de la ciguatera, sur sa production de toxines ciguatériques (maïtotoxine (s), ciguatoxine (s)) en milieu contrôlé et sur les facteurs intervenant dans sa prolifération. D'autres auteurs se sont aussi intéressés à la nature des pigments photosynthétiques de cet organisme (Durand & Berkaloff, 1985; Indelicato & Watson, 1986; Bomber *et al.*, 1990; Miller *et al.*, 1990). Par contre, la morphologie de la thèque des cellules n'a été l'objet que d'un nombre assez restreint de travaux faisant appel aux microscopes photonique et électronique à balayage (Adachi & Fukuyo, 1979; Taylor, 1979; Fukuyo, 1981; Loeblich III & Indelicato, 1986). Quelques autres documents iconographiques ont été publiés seulement pour illustrer l'organisme objet de l'étude (Bagnis *et al.*, 1979a; Yasumoto *et al.*, 1980; Bergmann,

1982; Besada *et al.*, 1982; Shimizu *et al.*, 1982; Gillespie *et al.*, 1985; Durand-Clément, 1987).

Enfin, les renseignements sur la cytologie ultrastructurale de cette Dinophycée sont à l'heure actuelle peu nombreux (Besada *et al.*, 1982; Durand, 1984; Durand & Berkaloff, 1985; Durand-Clément & Puiseux-Dao, 1985; Durand *et al.*, 1986).

Le but du présent travail a été de préciser, à l'aide des microscopes électroniques à balayage et à transmission, les caractéristiques morphologiques et cytologiques de la thèque et des trichocystes de *G. toxicus* à partir de matériel maintenu en culture.

### MATÉRIEL ET MÉTHODES

La souche de *Gambierdiscus toxicus* qui a servi à cette étude a été fournie par le docteur R. Bagnis de l'Institut Malardé à Tahiti. Elle provient d'échantillons prélevés aux îles Gambier (1977).

Elle a été cultivée initialement en milieu MPP mis au point par Provasoli & Pintner (Provasoli, 1958) et selon le protocole décrit par Hurtel *et al.* (1979). De l'eau de mer provenant de Banyuls/mer, vieillie puis filtrée, a été autoclavée et additionnée de 1,5% de la solution-mère de microéléments (solution ES du MPP) et de 1,5% de la solution-mère de vitamines. Avant la filtration, effectuée sur filtres stériles de 0,2 $\mu$ m de vide de maille, du TRIS a été ajouté à raison de 1,5 g/l et le pH a été ajusté à 8,2 par adjonction de HCl concentré.

D'autres milieux ont également été testés tels le milieu synthétique de Shepard (1969). La flore bactérienne a été réduite par dilution progressive sur milieu stérile et par l'utilisation d'antibiotiques comme le chloramphénicol (5mg/l) ou la rifampicine (1mg/l). Des clonages ont été réalisés en isolant les cellules sous le microscope à l'aide d'une micropipette stérile.

Les souches ont été entretenues par repiquage tous les 20 jours environ dans des erlenmeyers stériles de 250 à 500ml. Les cultures en masse, pour leur part, ont été effectuées en fioles Fernbach de 1000ml. La température de l'enceinte thermostatée a été fixée à 26°C  $\pm$  1°C. L'éclairage fourni par des tubes fluorescents WTL 65 Philips blanc industrie et Mazda Fluor 65W lumière du jour, était de 10W.m<sup>-2</sup> et la photopériode fixée à 10h/14h.

Les observations en microscopie photonique et les photomicrographies ont été réalisées à l'aide d'un microscope Zeiss Standard WL équipé d'un système de contraste interférentiel de Nomarski et d'un appareil photographique automatique Reichert.

La décharge des trichocystes de *G. toxicus* a été provoquée par addition d'une goutte de dibucaine (2g/l) dans la suspension algale.

Pour la microscopie électronique à transmission (= M.E.T.), les cellules ont été fixées pendant 1h30 à l'aide d'une solution de glutaraldéhyde à 3%

dans du tampon phosphate 0,2 M. Après déshydratation à l'aide de solutions aqueuses de concentration croissante en éthanol, elles ont été incluses dans l'araldite. Les coupes ont ensuite été contrastées par l'acétate d'uranyl en solution alcoolique et le citrate de plomb. Les observations ont été faites sur le microscope JEOL 100C du laboratoire de Biologie Cellulaire Végétale de l'Université Paris VII.

Pour la coloration négative des trichocystes déchargés et leur observation au M.E.T., du phosphotungstate de sodium (solution à 1% d'acide phosphotungstique) a été utilisé.

La fixation des cellules pour la microscopie électronique à balayage (= M.E.B.) a consisté à soumettre au préalable à des vapeurs de tétroxyde d'osmium pendant 10 minutes la suspension puis à ajouter à cette dernière une solution de ce même produit (concentration finale: 1% en tétroxyde d'osmium). Cette deuxième étape de la fixation a duré une heure. Après centrifugation (environ 1000G), le culot cellulaire a été rincé à l'eau distillée et les cellules déshydratées à l'acétone ont été traitées par la technique du point critique avec du dioxyde de carbone liquide. Montés sur le porte objet à l'aide d'adhésif double face et métallisés à l'or, les échantillons ont été observés sur le microscope Cambridge 600 du laboratoire de Cryptogamie du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris.

## RÉSULTATS

Les cellules ont un contour lenticulaire avec un axe antéropostérieur (reliant le sommet de l'épithèque à celui de l'hypothèque) atteignant environ 40µm (fig. 8). La vue apicale de l'épithèque ou de l'hypothèque est ellipsoïdale (fig. 5 et 6) avec un grand diamètre de 70µm et un petit de 50-55µm. Dans les cultures sont parfois apparus des individus plus petits (37µm x 28µm) (fig. 1) cohabitant avec les autres. Cette différence de taille a déjà été observée par l'un de nous (Durand-Clément) dans des échantillons sauvages à St-Barthélémy (1986).

Bien que considéré comme benthique, *G. toxicus* peut se déplacer assez rapidement dans le milieu de culture ou tourner sur lui-même grâce à l'action conjuguée de ses flagelles (fig. 2).

La thèque est constituée de deux parties à peu près équivalentes en hauteur, séparées par le sillon cingulaire; celui-ci est très mince (fig. 3, 8, 11 et 12) et en position équatoriale. Le sillon sulcal, par contre, visible seulement en vue de face (fig. 7, 8, 11 et 12) est court (7-8µm) et sa largeur peut atteindre 8 à 9µm.

L'épithèque comporte onze plaques dont sept prééquatoriales ou précingulaires (1" à 7"), trois apicales (1' à 3') et une plaque porale (P) en forme de larne, avec un anneau de pores périphérique, une fente en virgule ou point d'interrogation et deux séries de pores parallèles à son grand axe (fig. 9 et 10). Parmi les plaques apicales, la 2' est toujours surdimensionnée par rapport aux deux autres (fig. 5 et 13). Par ailleurs, les plaques prééquatoriales 1"

et 7<sup>e</sup> sont très difficiles à détecter compte tenu de leur taille réduite et de leur localisation à la jonction entre sulcus et cingulum (fig. 7, 8, 11 et 12). Enfin, fréquemment, la plaque 4<sup>e</sup> apparaît nettement dédoublée (fig. 4, 13 et 14).

L'hypothèque est constituée de 7 plaques, à savoir cinq postéquatoriales ou postcingulaires (1<sup>re</sup> à 5<sup>me</sup>), une antapicale (1<sup>re</sup>) et une intercalaire postérieure (p 1) (fig. 6 et 11).

Pour le cingulum, il est difficile d'observer et de dénombrer ses plaques sur des individus entiers, en raison de sa minceur. Les thèques déboîtées (fig. 3) permettent parfois de constater l'existence de six plaques cingulaires (1c à 6c). Quant aux 8 plaques sulcales (S.a.d.: sulcale antérieure droite; S.a.s.: sulcale antérieure gauche ou sénestre; S.s.: sulcale gauche ou sénestre; S.d.: sulcale droite; t.: plaque sulcale de transition; S.m.a.: sulcale médiane antérieure; S.m.p.: sulcale médiane postérieure; S.p.: sulcale postérieure), seule la plaque S.p. est facilement observable (fig. 6 et 11) en raison de sa taille relativement importante et de sa position extérieure à la concavité très marquée du sulcus proprement dit.

Enfin, pour en terminer avec l'organisation thécale, il faut signaler que dans les cultures réalisées en milieu MPP, lorsque les vitesses de division diminuent, on peut observer l'apparition de cellules atypiques, à thèque bosselée (fig. 15 et 16) ne rappelant plus que de loin *G. toxicus*. Dans le milieu de Shepard ou dans les autres milieux synthétiques testés, de telles formes apparaissent aussi après trois ou quatre générations. Par ailleurs, lorsque l'intensité lumineuse augmente au-delà de sa valeur optimale pour la croissance des cultures ou lorsque la phase claire de la photopériode est allongée, le nombre de cellules déformées s'accroît considérablement.

En microscopie électronique à transmission (=M.E.T.), sur des sections transversales, l'organisation de l'enveloppe de *G. toxicus* apparaît complexe et constituée de plusieurs couches. De l'extérieur vers l'intérieur du corps cellulaire, on peut noter (fig. 24):

- la membrane externe, fine (épaisseur environ 5nm) et dense aux électrons;

- la membrane externe de la vésicule thécale, analogue en tous points à la précédente et séparée d'elle par un espace clair d'une vingtaine de nanomètres d'épaisseur;

- la plaque thécale, épaisse de 2 à 3  $\mu$ m, peu dense aux électrons et présentant une très fine stratification tangentielle au contour cellulaire. Les sutures entre les plaques sont bien visibles sur certaines coupes, en particulier celles passant par la zone du sulcus (fig. 26);

- la membrane interne de la vésicule thécale, identique à la membrane externe;

- la membrane cytoplasmique.

Ces deux dernières membranes sont souvent difficiles à distinguer l'une de l'autre étant, la plupart du temps, plaquées intimement au cytoplasme.

Sur les images fournies par le M.E.B. (fig. 5 à 14 et fig. 18), les deux membranes externes ont disparu.

Etroitement associés aux enveloppes cellulaires, les trichocystes ont pu être mis en évidence, en microscopie photonique, déchargés par action de la dibucaine. On constate, en microscopie photonique à contraste de phase (fig. 17) qu'ils apparaissent sous forme de filaments associés parfois à un granule plus réfringent. Leur longueur peut atteindre 30µm. Au M.E.B. (fig. 18), on les retrouve adhérant aux enveloppes cellulaires. Au M.E.T., en coupe transversale, ils ont toujours une forme de carré ou de losange (fig. 22 et 23). Lorsqu'ils sont nombreux dans la même vésicule (fig. 22), le côté du carré ou du losange varie de 0,10 à 0,20µm; lorsque chacun est disposé dans une vésicule propre (fig. 23), cette dimension varie de 0,25 à 0,45µm. Leur contenu, dense aux électrons, semble assez homogène. En coupe longitudinale, les trichocystes réunis dans une même vésicule (fig. 21) se présentent sous forme de structures allongées montrant une striation transversale bien marquée et régulière (50 stries pour un micromètre). Par contre, les trichocystes isolés dans une vésicule propre (fig. 23) ne montrent pas cette caractéristique. Sur les trichocystes déchargés (fig. 20), les coupes longitudinales font ressortir une striation particulière avec, pour une longueur de un micromètre, sept stries épaisses et, dans les espaces les séparant, toujours trois stries fines, soit, en tout, 25 à 26 stries. De plus, on peut constater aussi que les trichocystes sont déchargés par le biais des perforations des plaques thécales (fig. 20). Enfin, sur les colorations négatives, (fig. 19) on retrouve, sur les trichocystes déchargés, une striation transversale avec 51-52 stries pour un micromètre, toutes les stries ayant la même importance. On peut noter aussi que, dans leur région terminale, les trichocystes diminuent progressivement de diamètre celui-ci atteignant environ 30nm alors qu'à leur base (fig. 20) il est de l'ordre de 350 à 450nm.

## DISCUSSION ET CONCLUSION

L'organisation de la thèque de *G. toxicus* a donné lieu à un certain nombre d'interprétations qui sont regroupées dans le tableau suivant:

Adachi & Fukuyo (1979)	P	3' 7" 6c 8s	6" 1p (=p <sub>1</sub> )	1"
Taylor (1979)	P	3' 7" 6c 4s	7" -	3"
Besada <i>et al.</i> (1982)	P	4' 6" 6c 8s	5" -	2"
Steidinger (1983)	P Cp (?)	4' 6" 6c 8s	6" -	2"
Balech <i>in</i> Sourmia (1986)	P	3' 6" 6c 9s	6" 1p (=p <sub>1</sub> )	2"
interprétation proposée	P	3' 7" 6c 8s(?)	5" 1p (=p <sub>1</sub> )	1"

Les particularités à l'origine de ces variantes de la tabulation de l'épithèque et de l'hypothèque concernent essentiellement des plaques de petite dimension souvent difficilement détectables, à savoir, pour l'épithèque, les plaques 1" et 7" et, pour l'hypothèque, les plaques 1", p<sub>1</sub> et Sp. Au modèle fourni par Adachi & Fukuyo (1979) qui ont donné la diagnose latine du genre, se rattachent divers auteurs comme Bagnis *et al.* (1979b), Yasumoto *et al.* (1980),

Bergmann & Alam (1981), Fukuyo (1981), Bergmann (1982) et Sournia (1986).

Toutefois, plusieurs remarques peuvent être faites à ce propos. En premier lieu, dans la description donnée par les auteurs du genre (Adachi & Fukuyo, 1979), il est regrettable que les plaques ne soient pas numérotées sur les vues épithéciale, hypothéciale et ventrale. Par ailleurs, entre le texte introductif de leur travail et la diagnose qui suit, il y a une confusion entre les plaques 2<sup>m</sup>, 4<sup>m</sup> et 2', 4'. De plus, si on se réfère à la diagnose, on ne comprend pas comment les plaques 1<sup>m</sup> et 7<sup>m</sup> pourraient être en contact avec une plaque 4' qui, selon la formule de la tabulation, n'existe pas. Enfin l'existence de la plaque 1<sup>m</sup> nous apparaît assez contestable. En effet, sa longueur qu'on ne peut mesurer sur la figure 4 (p. 69) fournie par les auteurs ci-dessus, en raison de l'absence d'échelle, ne peut, selon notre estimation, raisonnablement pas excéder 3 µm. Il nous semble donc très aléatoire de pouvoir distinguer un tel élément au microscope photonique, la difficulté étant encore renforcée par la concavité très marquée de la région où il se situe. La photomicrographie au M.E.B. de Adachi & Fukuyo (fig. 7, p. 70) n'apporte aucune précision à ce sujet.

Dans leur schéma B (p. 640), Bagnis *et al.*, (1979b) inversent les positions des plaques 1p (=p1) et Sp ce qui est contradictoire avec leur schéma D qui est une reprise de celui de Adachi & Fukuyo.

Pour sa part, Bergmann (1982) présente une vue d'épithèque et une vue détaillée de la plaque porale (fig. 2 et 3, p. 210) observées depuis l'intérieur de la thèque de sorte que la numérotation se trouve inversée. Cette manière de procéder augmente encore la confusion qui n'est pas levée par la photomicrographie au M.E.B. de Bergmann et Alam (fig. 1, p. 497, 1981) qui ne montre que la face sulcale de la cellule, sans numérotation de plaques. Les faces sulcale et épithéciale présentées au M.E.B. par Fukuyo (1981) de *G. toxicus*, de même que ses dessins 58 et 59 (p. 978) n'ont pas non plus de numérotation des plaques.

L'interprétation de la tabulation avancée par Taylor (1979) soulève aussi un certain nombre de difficultés. En effet, alors que cet auteur reconnaît l'existence de la plaque 1<sup>m</sup>, il considère que les plaques sulcales antérieures droite (S.a.d.) et gauche (S.a.s.) et la sulcale médiane antérieure (S.m.a.) n'en font qu'une. La différence de taille entre les sulcales antérieures et la plaque 1<sup>m</sup> rend cette hypothèse difficile à admettre. De plus, Taylor assimile la plaque sulcale droite (S.d.) à la 7<sup>m</sup> (numérotée Sd sur son schéma 4, p. 75). La formule de tabulation qu'il propose n'est donc pas correcte (4s 7<sup>m</sup>). En effet, ou bien le sulcus comporte quatre plaques (numérotées selon Taylor: Sa, T, Ss et Sd) et il n'y a alors que six plaques postcingulaires (6<sup>m</sup>), ou bien le sulcus n'est constitué que de trois sulcales (Sa, t, Ss) et l'hypothèque montre sept postcingulaires (7<sup>m</sup>). Taylor, enfin, considère les plaques Sp et p1 comme des plaques antapicales, p1 étant la plaque 1<sup>m</sup> et Sp la plaque 3<sup>m</sup>, de sorte que la plaque définie par Adachi & Fukuyo comme la seule antapicale 1<sup>m</sup> devient, ici, la 2<sup>m</sup>. Ceci est contradictoire avec la définition des antapicales qui ne doivent pas être en contact avec le sulcus ni le cingulum. De plus, les numérotations sur modèles sphériques proposées par Taylor ne font que rendre

encore plus difficile la compréhension de la morphologie. Les figures obtenues au M.E.B. par cet auteur, à l'exception de la plaque porale remarquablement illustrée, n'apportent pas de renseignements convaincants, en particulier à propos de la région sulcale.

Besada *et al.*, (1982), suivis par Loeblich III et Indelicato (1986), se basant en partie sur l'ornementation de la marge des plaques et d'autre part, sur la ligne de séparation dans l'épithèque au moment de la division, introduisent encore des nouveautés dans la façon de concevoir la tabulation de *G. toxicus*. Ainsi, la petite plaque 1" de Adachi et Fukuyo devient l'apicale 1' avec, pour conséquence, la formule de l'épithèque: 4' 6". Or, par définition (Sournia, 1986), les plaques apicales bordent l'apex ou le pore apical. L'hypothèse de ces auteurs ne peut donc être retenue. Par ailleurs, ils ne reconnaissent pas l'existence de la minuscule plaque postcingulaire 1''' et n'admettent ainsi que cinq post-cingulaires. Pour eux, comme pour Taylor, la plaque postérieure intermédiaire (pI) est l'antapicale 1'''; pour la raison invoquée ci-dessus, ceci ne peut être retenu. Les figures obtenues en microscopie photonique par Loeblich III & Indelicato (1986) (9-10 p. 41) sur des thèques de *G. toxicus* traitées par un mélange d'hydrate de chloral, d'acide iodhydrique et d'iode, mettent bien en évidence les différentes plaques sulcales et confirment notre point de vue quant à l'absence de la plaque microscopique définie comme 1''' par Adachi & Fukuyo. Toutefois, la numérotation des sulcales, ici, diffère encore des solutions proposées jusque-là.

La tabulation envisagée par Steidinger (1983) ne s'appuie, elle non plus, sur aucun document iconographique. Elle se rapproche beaucoup de celle de Besada *et al.* (1982) mais en diffère par la présence d'une plaque Cp (?) énigmatique et d'une postcingulaire supplémentaire (6''').

Il est également regrettable que le point de vue de Balech rapporté par Sournia (1986) ne soit pas explicité par des illustrations. Celles-ci permettraient de juger de l'importance de la neuvième sulcale et de la deuxième antapicale reconnues par cet auteur et de les localiser.

Toutes ces imprécisions et les différentes formules suggérées contribuent à rendre particulièrement confuse la connaissance de ce genre; le dédoublement de certaines plaques, comme celui de la 4" démontré ici (fig. 13 et 14), ne fait que compliquer encore la situation.

En nous référant aux définitions des plaques rappelées récemment par Sournia (1986), en considérant l'existence de la petite plaque 1''' comme très incertaine, et en nous appuyant sur les nombreux documents présentés ici, la formule de *G. toxicus* peut se définir comme suit: P 3' 7" 6c 8s(?) 5''' p<sub>1</sub> 1'''. N'ayant pu observer avec suffisamment de précision les plaques sulcales, nous portons le nombre de 8s accompagné d'un point d'interrogation.

La position taxinomique de *G. toxicus*, comme le laissent présumer les diverses conceptions décrites précédemment, ■ subi des modifications successives. Rangée, à l'origine, dans la famille des Heteraulacaceae Loeblich Jr. et Drugg par Adachi et Fukuyo (1979), cette Dinophycée a ensuite été classée par Besada *et al.* (1982) avec les genres *Ostracopsis* J. Schmidt et *Coolia*



Meunier dans la famille des *Ostreopsidaceae*. Enfin, Sourmia (1986), à la suite de la mise en synonymie du genre *Heteraulacus* Diesing avec le genre *Goniodoma* Stein, la réunit à la famille des *Goniodomataceae* Lindemann 1928. La comparaison des caractères généraux des *Ostreopsidaceae* et des *Goniodomataceae* présentée par Sourmia (1986) ne fait apparaître que des différences très faibles. Ce dernier auteur (1986, p. 74) insiste d'ailleurs sur les affinités de *Gambierdiscus* avec les *Ostreopsidaceae*. La taille des individus, leur forme générale, la position et l'ouverture de leur cingulum, l'aspect de leur sulcus et leur habitat essentiellement benthique sont, en effet, tout à fait similaires. Dans les deux cas, la tabulation de l'épithèque est identique (= P 3' 7"). Pour le cingulum et le sulcus, on ne note pas de différence particulière entre les deux familles et il ressort la même difficulté à distinguer les plaques de ces deux régions de la thèque. Le seul argument permettant actuellement de séparer les deux familles porte sur la formule de l'hypothèque: pour les *Ostreopsidaceae*: 5" 1-2" et, pour les *Goniodomataceae*, 6" 1p 1". Tout repose ainsi sur l'existence de la petite plaque 1" discutée plus haut et sur l'interprétation de la plaque p1. Il nous semble donc raisonnable, en attendant d'autres informations, de fusionner ces deux familles en une seule qui porterait le nom de *Goniodomataceae*, le genre *Goniodoma* ayant été décrit en 1883 alors qu'*Ostreopsis* ne l'a été qu'en 1901 et que les deux familles ont été créées la même année en 1928.

L'enveloppe générale des dinoflagellés a été qualifiée d'"amphiesma" par Loeblich III (1969) ou encore de "cell covering" et explicitée par Morill et Loeblich III (1981). Ces termes ont été repris par divers auteurs, entre autres, récemment, par Horiguchi et Pienaar (1988) à propos de *Scrippsiella arenicola* Horiguchi et Pienaar ou encore par Spero (1987) pour la phase mobile du symbiote d'*Orbulina universa* d'Orbigny. Si les divers auteurs sont généralement en accord pour nommer l'enveloppe externe "outer membrane", la suivante reçoit des dénominations variées telles que "couche de vésicules aplaties" (Dodge, 1971), "middle membrane" pour Gao *et al.* (1989) chez *Scrippsiella* sp., "outer plate membrane" pour Horiguchi et Pienaar (1988) ou encore "outer vesicle membrane" pour Spero (1987). La structure stratifiée que nous montrons comme caractéristique des plaques de *G. toxicus* a déjà été mise en évidence, en particulier dans la paroi du kyste mûr de *Gonyaulax tamarensis* Lebour par Fritz *et al.* (1989). Il pourrait donc s'agir d'un faciès typique d'éléments destinés à résister à de mauvaises conditions. Toutefois, on a retrouvé une semblable stratification chez un dinoflagellé dépourvu de thèque, *Cystodinium bataviense* Klebs (Timpano & Pfister, 1985).

L'enveloppe suivante est qualifiée de "pellicle" par Morill & Loeblich III (1981) ou encore par Horiguchi & Pienaar (1988), de "inner vesicle membrane" par Spero (1987) et de "inner membrane" par Gao *et al.* (1989).

Enfin, la dernière enveloppe est considérée par la plupart des auteurs comme la membrane plasmique ou membrane cellulaire. Cependant, certains comme Loeblich III & Morill (1979) ou Taylor (1980), l'interprètent comme dédoublée, la partie la plus externe étant la membrane cellulaire, la seconde étant probablement un repli du réticulum endoplasmique. Il serait donc souhai-

table qu'une nomenclature unique soit retenue pour définir ces différentes enveloppes.

En ce qui concerne les trichocystes que nous signalons à section transversale quadrangulaire ou losangique et, comme il apparaît sur les coupes longitudinales, parfois striés transversalement, il s'agit d'acontobolocystes si on se réfère aux définitions fournies par Hovasse & Mignot (1975). En effet, selon ces auteurs, il existe trois catégories de trichocystes lanceurs, à savoir les taeniobolocystes ou lanceurs de rubans, les discobolocystes ou lanceurs de disques et enfin, les acontobolocystes ou lanceurs de traits, appelés aussi trichocystes en fuseau (= Spindeltrichocysten) par Krüger (1930). La figure 17 présentée ici montre clairement que les trichocystes de *G. toxicus* déchargés ont bien une allure filamenteuse. Les granules qui les accompagnent et qui pourraient être interprétés comme des disques ne sont, en fait, pas liés aux filaments; ce sont des gouttelettes dont la nature n'a pu être déterminée. De plus, la figure 19 met bien en évidence l'extrémité effilée des trichocystes; ce sont donc bien des traits qui sont déchargés.

Nous présentons des trichocystes en coupes transversales, isolés dans des sacs trichocystaires indépendants, nommés aussi capsules par certains auteurs. Des points de vue morphologique et dimensionnel, ils correspondent bien à ceux décrits par Dragesco & Hollande (1965) ou par Bouck & Sweeney (1966) et présentés par Cachon *et al.* (1975) chez *Oxyrrhis marina* Dujard et chez *Kofoëdinium splendens* Cachon et Cachon, par Hovasse & Mignot (1975) chez *Drepanomonas dentata* Fresenius, par Timpano & Pfister (1985) chez *Cystodinium hataviense* Klebs, par Lewis & Burton (1988) chez *Gonyaulax polyedra* Stein ou encore par Gao *et al.* (1989) chez *Scrippsiella* sp. Balech et Loeblich. Toutefois, nous n'avons pas retrouvé de structure paracrystalline comparable à celle qui est bien schématisée par la figure 4a de Hovasse & Mignot (1975) et bien mise en évidence par les coupes pratiquées par Cachon *et al.* (1975) chez *Peridinium depressum* Bailey où les images ne sont plus quadrangulaires mais hexagonales, ou encore chez *Oxyrrhis marina* où les sections transversales peuvent être subcirculaires. Cette absence de structure paracrystalline s'observe aussi chez *Gonyaulax polyedra* (Lewis & Burton, 1988) ainsi que chez *Scrippsiella* sp. (Gao *et al.*, 1989). Cet aspect homogène des trichocystes pourrait être dû à l'état de maturité atteint par ces organites comme on pourrait le déduire d'après les observations de Cachon *et al.* (1975).

En coupe longitudinale, les trichocystes isolés dans une capsule propre apparaissent, comme chez *G. toxicus*, avec un contenu homogène dense aux électrons, chez *Cystodinium hataviense* (Timpano & Pfister, 1985) ou encore chez *Gonyaulax polyedra* Stein (Lewis & Burton, 1988) ou encore chez *Scrippsiella* sp. (Gao *et al.*, 1989). Mais lorsqu'ils sont nombreux dans un même sac trichocystaire, leur aspect est strié en vue longitudinale et leur côté atteint, dans ce cas, les dimensions les plus faibles. Le fait que plusieurs d'entre eux soient regroupés dans la même enveloppe a déjà été illustré par De Billy & Soyer (1980) à propos de *Prorocentrum micans* Ehrbg. La dimension plus faible du diamètre est interprétée par Hovasse & Mignot (1975) comme une

preuve de la détente du trichocyste corrélative d'une augmentation de la longueur. Les vésicules semblant contenir plusieurs trichocystes, soit en vue transversale, soit en vue longitudinale, pourraient donc ne représenter que les prémices d'une décharge et ne renfermeraient en réalité qu'un seul organite en cours d'extension. L'apparition de la striation en coupe longitudinale, déjà montrée par Jakus (1945) et présentée récemment chez *Prorocentrum micans* par Livolant (1982), visible ici seulement dans les vésicules contenant apparemment plusieurs trichocystes correspondrait d'ailleurs bien à ce que Hovasse et Mignot (1975) ont montré à propos de la détente d'acontobolocystes de type *Paramecium* Hill (fig. 2 a, b, c). Ces auteurs signalent, en effet, que "la détente, transforme le propulseur en un cylindre moins large mais 7 à 8 fois plus long..." Ils montrent, en même temps, que lorsque la décharge commence, la striation apparaît. La différence du nombre de stries transversales entre la zone apicale d'un trichocyste déchargé (fig. 19) ou ayant entamé le processus de détente (fig. 21) et la zone basale d'un de ces mêmes organites (25 à 26 par micromètre dont 7 plus épaisses) pourrait correspondre à un état de décharge différent; dans le dernier cas (fig. 20) ce processus ne serait pas achevé et les stries épaisses pourraient chacune représenter l'équivalent de quatre stries fines.

Il serait particulièrement intéressant d'étudier en détail chez *G. toxicus* en culture ce mécanisme en appliquant, par exemple, la technique au ferrocyanure de potassium, préconisée par Bannister (1972) pour bloquer à volonté la détente des trichocystes chez *Paramecium caudatum* Ehrbg. et de le comparer avec celui d'autres genres de Dinophycées.

#### OUVRAGES CITÉS

- ADACHI R. et FUKUYO Y., 1979 - The thecal structure of the marine toxic dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus* gen. et sp. nov. collected in a ciguatera-endemic area. *Bull. Jap. Soc. Scient. Fish.* 45(1): 67-71.
- BAGNIS R., 1971 - Activité humaine en milieu corallien et ciguatera. *Med. Trop.* 31(3): 285-292.
- BAGNIS R., CHANTEAU S., CHUNGUE E., HURTEL J.M., YASUMOTO T. et INOUE A., 1980 - Origins of ciguatera fish poisoning: a new dinoflagellate, *Gambierdiscus toxicus* Adachi and Fukuyo, definitively involved as a causal agent. *Toxicon* 18: 199-208.
- BAGNIS R., CHANTEAU S. et YASUMOTO T., 1977 - Un agent étiologique vraisemblable de la ciguatera. *C.R. Acad. Sc. Paris, 285, série D: 105-107.*
- BAGNIS R., HURTEL J.M., CHANTEAU S., CHUNGUE E., INOUE A. et YASUMOTO T., 1979a - Le dinoflagellé *Gambierdiscus toxicus* Adachi and Fukuyo: agent causal probable de la ciguatera. *C.R. Acad. Sc. Paris, 289, série D: 671-674.*
- BAGNIS R., HURTEL J.M., FUKUYO Y., INOUE A. et YASUMOTO T., 1979b - Quelques aspects morphologiques et biologiques du Dinoflagellé responsable probable de la ciguatera. *C.R. Acad. Sc. Paris, 289, série D: 639-642.*
- BALLANTINE D.L., BARDALES A.T., TOSTESON T.R. et DUPONT-DURST H., 1985 - Seasonal abundance of *Gambierdiscus toxicus* and *Ostreopsis* sp. in coastal waters of southwest Puerto Rico. In: Proceedings of the Fifth Int. Coral Reef Congress, Tahiti, GABRIE C. and SALVAT B. Eds. Antenne Muséum EPHE, 4: 417-422.

- BANNISTER L.H., 1972 - The structure of trichocysts in *Paramecium caudatum*. *J. Cell. Sc.* 11: 899-929.
- BERGMANN J.S., 1982 - *Gambierdiscus toxicus* and ciguatera in Southeastern Florida. 5th Intern. IUPAC Symposium on Mycotoxins & Phycotoxins, Autriche (Vienna, 1-3 septembre) CZEDIK-EYSENBERG Eds.: 208-277.
- BERGMANN J.S. et ALAM M., 1981 - On the toxicity of the ciguatera producing dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus* isolated from the Florida Keys. *J. Env. Health* A16(5): 493-500.
- BESADA E.G., LOEBLICH L.A. et LOEBLICH A.R. III., 1982 - Observations on tropical, benthic dinoflagellates from ciguatera endemic areas: *Coolia*, *Gambierdiscus* and *Ostreopsis*. *Bull. Mar. Sci.* 32(3): 723-735.
- BOMBER J.W., TINDALL D.R., VENABLE C.W. et MILLER D.M., 1990 - Pigment composition and low-light response of fourteen clones of *Gambierdiscus toxicus*. In: *Toxic Marine Phytoplankton*. Granéli E., Sundstrom B., Fdler L., Anderson D.M. Eds. Elsevier-Science publishing Co., Inc., New York: 554 p.
- BOUCK G.B. et SWEENEY B.M., 1966 - The fine structure and ontogeny of trichocysts in marine Dinoflagellate. *Protoplasma* 61: 205-223.
- CACHON J., CACHON M. et GREUET C., 1975 - Les mucocystes de Péridiniens. Constitution, évolution des structures et comparaison avec celles des trichocystes. *Ann. Besse-en-Chandesse* n° 9: 177-199.
- CARLSON R.D., MOREY-GAINES G., TINDALL D.R. et DICKEY R.W., 1984 - Ecology of toxic dinoflagellates from the caribbean sea: effects of macroalgal extracts on growth in cultures. In: *Seafood Toxins*. E. RAGELIS Ed., Am. Chem. Soc. Symp. Ser. 262. Wash., D.C.: 271-287.
- DE BILLY J. et SOYER M.O., 1980 - Etude des effets toxiques et des adaptations cellulaires après l'action d'un défoliant, le 2-4-5 T, sur le Dinoflagellé marin *Prorocentrum micans* E. en culture. *Vie et Milieu* 30: 45-54.
- DODGE J.D., 1971 - Fine structure of the Pyrrophyta. *Botanical Review* 37(4): 481-508.
- DRAGESCO J. et HOLLANDE A., 1965 - Sur la présence de trichocystes fibreux chez les Péridiniens; leur homologie avec les trichocystes fusiformes des Ciliés. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 260, groupe 12: 2073-2075.
- DURAND M., 1984 - *Etude biologique, cytologique et toxicologique de Gambierdiscus toxicus en culture, dinoflagellé responsable de la ciguatera*. Thèse, Univ. Paris VII, 136 p.
- DURAND M. et BERKALOFF C., 1985 - Pigment composition and chloroplast organization of *Gambierdiscus toxicus* Dinophyceae. *Phycologia* 24(2): 217-224.
- DURAND M., SQUIBAN A., RIBIER J., BAGNIS R. et PUISEUX-DAO S., 1986 - Pseudonuclear vesicles in the toxic dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus*. *Biol. Cell* 56(2): 171-180.
- DURAND-CLÉMENT M., 1987 - Study of production and toxicity of cultured *Gambierdiscus toxicus*. *Biol. Bull.* 172: 108-121.
- DURAND-CLÉMENT M. et PUISEUX-DAO S., 1985 - Physiological and ultrastructural features of the toxic dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus* in culture. In: *Toxic Dinoflagellates*. ANDERSON D.M., WHITE A.M., BADEN D.G. Eds. Elsevier, New York: 61-68.
- ENGLEBERG N.C., MORRIS J.G. Jr., LEWIS J., MCMILLAN J.P., POLLARD R.A. et BLAKE P.A., 1983 - Ciguatera fish poisoning: a major common-source outbreak in the U.S. Virgin Islands. *Ann. Intern. Med.* 98: 336-337.

- FRITZ L., ANDERSON D.M. et TRIEMER R.E., 1989 - Ultrastructural aspects of sexual reproduction in the red tide dinoflagellate *Gonyaulax tamarensis*. *J. Phycol.* 25: 95-107.
- FUKUYO Y., 1981 - Taxonomical study on benthic dinoflagellates collected in coral reefs. *Bull. Jap. Soc. Scient. Fish.* 47(8): 967-978.
- GAO X., DODGE J.D. et LEWIS J., 1989 - An ultrastructural study of planozygotes and encystment of a marine dinoflagellate, *Scrippsiella* sp. *Br. Phycol. J.* 24: 153-165.
- GILLESPIE N., HOLMES M.J., BURKE J.B. et DOLEY J., 1985 - Distribution and periodicity of *Gambierdiscus toxicus* in Queensland, Australia. In: *Toxic Dinoflagellates* (Anderson, White, Baden Eds.) Elsevier Science Publishing Co.: 183-188.
- HALSTEAD B.W., 1959 - *Dangerous Marine Animals*. Cornell Maritime Pr, Cambridge, Md, p. 117.
- HOLMES M.J., LEWIS R.J. et GILLESPIE N.C., 1990 - Toxicity of Australian and French Polynesian strains of *Gambierdiscus toxicus* (Dinophyceae) grown in culture: characterization of a new type of maitotoxin. *Toxicon* 28 (10): 1159-1172.
- HORIGUCHI T. et PIENAAR R.N., 1988 - Ultrastructure of a new sand-dwelling dinoflagellate, *Scrippsiella arenicola* sp. nov. *J. Phycol.* 24: 426-438.
- HOVASSE R. et MIGNOT J.P., 1975 - Trichocystes et organites analogues chez les protistes. *Am. Biol.* 14 (9-10): 397-422.
- HURTEL J.M., CHANTEAU S., DROLLET J.H. et BAGNIS R., 1979 - Culture en milieu artificiel du dinoflagellé responsable de la ciguatera. *Rev. Int. Oceanogr. Méd.* 60: 29-33.
- INDELICATO S.R. et WATSON D.A., 1986 - Identification of the photosynthetic pigments of the tropical benthic dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus*. *Mar. Fish. Rev.* 48(4): 44-47.
- JAKUS M.A., 1945 - The structure and properties of the trichocysts of *Paramecium*. *J. Exp. Zool.* 100: 457-476.
- KOFOID C.A., 1909 - On *Peridinium steini* Jörgensen, with a note on the nomenclature of the skeleton of the Peridinae. *Arch. f. Protist.*, 16: 25-47, pl. II.
- KRUGER F., 1930 - Untersuchungen über den Bau, die Funktion der Trichocysten von *Paramecium caudatum*. *Arch. f. Prot.* 72: 91.
- LEWIS J. et BURTON P., 1988 - A study of newly excysted cells of *Gonyaulax polyedra* (Dinophyceae) by electron microscopy. *Br. Phycol. J.* 23: 49-60.
- LEWIS R.J. et ENDEAN R., 1983 - Occurrence of a ciguatoxin-like substance in the Spanish mackerel (*Scomberomorus commersoni*). *Toxicon* 21: 19-24.
- LIVOLANT F., 1982 - Dinoflagellate trichocyst ultrastructure. 1. The shaft. *Biol. Cell.* 43: 201-210.
- LOEBLICH A.R. III, 1969 - The amphiesma or dinoflagellate cell covering. *Proc. North. Am. Paleontol. Convent.* 2: 867-929.
- LOEBLICH A.R. III et INDELICATO S.R., 1986 - Thecal analysis of the tropical benthic dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus*. *Marine Fish. Rev.* 48(4): 38-43.
- LOEBLICH A.R. III et MORILL L.C., 1979 - Dinoflagellate cell wall structure and formation. In: 37th Ann. Proc. Electron Microscopy. Soc. Amer. BAILEY G.W. Ed., San Antonio, Texas.

- MCMILLAN J.P., HOFFMAN P.A. et GRANADE H.R., 1986 - *Gambierdiscus toxicus* from the Caribbean: a source of toxins involved in ciguatera. *Mar. Fish. Rev.* 48(4): 48-52.
- MILLER D.M., TINDALL D.R. et VENABLE C.W., 1990 - NMR spectroscopy of chlorophyll(a)-a isolated from *Gambierdiscus toxicus*. In: *Toxic Marine Phytoplankton*. Granéli E., Sundstrom B., Edler L., Anderson D.M. Eds. Elsevier-Science publishing Co., Inc., New York, 554p.
- MORILL L.C. et LOEBLICH A.R., III., 1981 - The Dinoflagellate pellicular wall layer and its occurrence in the division Pyrrophyta. *J. Phycol.* 17: 315-323.
- MORRIS J.G. Jr, LEWIN P., SMITH C.W., BLAKE P.A. et SCHNEIDER R., 1982 - Ciguatera fish poisoning: epidemiology of the disease on St. Thomas, U.S. Virgin Islands. *Am. J. Med. Hyg.* 31(3): 574-578.
- NAKAJIMA I., OSHIMA Y. et YASUMOTO T., 1981 - Toxicity of benthic dinoflagellates in Okinawa. *Bull. Jap. Soc. Scient. Fish.* 47(8): 1029-1033.
- PROVASOLI L., 1958 - Nutrition and ecology of protozoa and algae. *Ann. Rev. Microb.* 12: 279.
- SAINT-MARTIN K., DURAND-CLÉMENT M. et BOURDEAU P., 1988 - Contribution to the study of the relations between macroalgae and *Gambierdiscus toxicus* Dinophyceae responsible for ciguatera. *Cryptog. Algol.* 9(3): 195-202.
- SHEPARD D.C., 1969 - Axenic culture of *Acetabularia* in synthetic media. In: *Methods in Cell Physiology*. PRESCOTT D. Ed. Vol. 4, Academic Press, NY.: 49-63.
- SHIMIZU Y., SHIMIZU H., SCHEUER P.J., HOKAMA Y., OYAMA M. et MIYAHARA J.T., 1982 - *Gambierdiscus toxicus*, a ciguatera-causing dinoflagellate from Hawaii. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 48(6): 811-813.
- SILVA E.S., 1956 - Contribution à l'étude du microplancton de Dakar et des régions maritimes voisines. *Bull. Inst. Français d'Afrique Noire*, Série A: 335-371.
- SOURNIA A., 1986 - *Atlas du phytoplancton marin. I. Cyanophycées, Dictyochophycées, Dinophycées et Raphidophycées*. CNRS Ed., Paris: 219p.
- SPERO H.J., 1987 - Symbiosis in the planktonic foraminifer, *Orbulina universa* and the isolation of its symbiotic dinoflagellate *Gymnodinium bell* sp. nov. *J. Phycol.* 23: 307-317.
- STEIDINGER K.A., 1983 - A re-evaluation of toxic dinoflagellate biology and ecology. In: *Progress in Phycological Res.* Vol. 12. ROUND and CHAPMAN, Eds. Elsevier Sci. Publ.: 157-168.
- TAYLOR F.J.R., 1979 - A description of the benthic dinoflagellate associated with maitotoxin and ciguatoxin, including observations on hawaiian material. In: *Toxic Dinoflagellate Blooms*. D.L. Taylor and H.H. Seliger Eds. Elsevier/ North-Holland, New-York, 505p.
- TAYLOR F.J.R., 1980 - On Dinoflagellate evolution. *Biosystems* 13: 65-108.
- TAYLOR F.J.R., 1985 - The distribution of the dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus* in the eastern Caribbean. In: *Proceedings of the Fifth Int. Coral Reef Congress, Tahiti*, GABRIE C. and SALVAT B. Eds. Antenne Museum EPHE: 423-428.
- TIMPANO P. et PFIESTER L.A., 1985 - Fine structure of the immobile dinococcalean *Cystodinium bataviense* (Dinophyceae). *J. Phycol.* 21: 458-466.
- TINDALL D.R., DICKEY R.W., CARLSON R.D. et MOREY-GAINES G., 1984 - Ciguaterogenic dinoflagellates from the Caribbean Sea. In: *Seafood Toxins*. E. RAGELIS Ed., Am. Chem. Soc. Symp. Ser. 262. Wash., D.C.: 225-240.

- YASUMOTO T., INOUE A., OCHI T., FUJIMOTO K., OSHIMA Y., FUKUYO Y., ADACHI R. et BAGNIS R., 1980 - Environmental studies on a toxic dinoflagellate responsible for ciguatera. *Bull. Jap. Soc. Scient. Fish.* 46(11): 1397-1404.
- YASUMOTO T., NAKAJIMA I., BAGNIS R. et ADACHI R., 1977 - Finding of a dinoflagellate as a likely culprit of ciguatera. *Bull. Jap. Soc. Scient. Fish.* 43(8): 1021-1026.

## LÉGENDES DES FIGURES

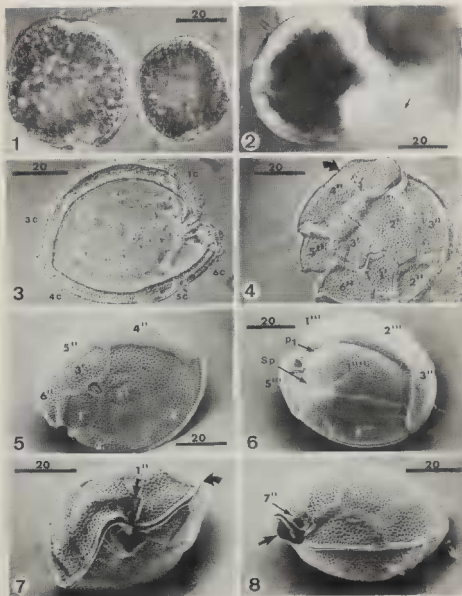
Figures 1 à 8: *Gambierdiscus toxicus* Adachi et Fukuyo. - Fig. 1: vue d'ensemble de deux cellules de tailles différentes (microscopie photonique à contraste interférentiel). Fig. 2: vue d'ensemble d'une cellule avec le flagelle sulcal (flèche simple) et le flagelle cingulaire (flèche double) (microscopie photonique à contraste interférentiel). Fig. 3: vue d'une hypothèque vide montrant le rebord du cingulum et les six plaques constitutives (microscopie photonique à contraste interférentiel). Fig. 4: vue d'une épithèque légèrement dissociée avec la plaque 4<sup>e</sup> dédoublée (flèche); la numérotation des plaques correspond à la notation de Kofoid (1909) (microscopie photonique à contraste interférentiel). Fig. 5: vue d'une épithèque (M.F.B.). Fig. 6: vue d'une hypothèque (M.E.B.). Fig. 7: cellule vue de face (M.E.B.); la flèche courbe montre le cingulum. Fig. 8: cellule vue de profil (M.E.B.); la flèche épaisse montre le sulcus. - les valeurs des échelles sont exprimées en micromètres.

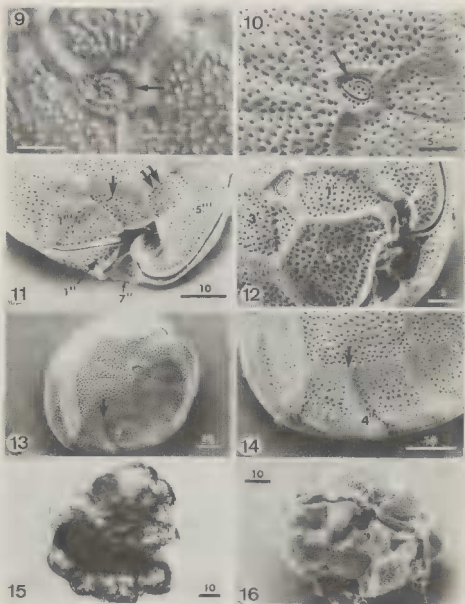
Figures 9 à 16: *Gambierdiscus toxicus*. - Fig. 9 et 10: détail de la plaque orale apicale (9: microscopie photonique à contraste interférentiel; 10: M.E.B.). Fig. 11: détail de la région sulcale de l'hypothèque montrant les plaques p1 (flèche épaisse simple) et Sp (flèche épaisse double) (M.E.B.). Fig. 12: détail de la région sulcale de l'épithèque montrant les plaques 1<sup>e</sup> (grande flèche blanche) et 7<sup>e</sup> (petite flèche blanche) (M.E.B.). Fig. 13: vue d'ensemble d'une épithèque montrant le dédoublement de la plaque 4<sup>e</sup> (flèche) (M.E.B.). 14: détail de la plaque 4<sup>e</sup> dédoublée (la flèche indique la zone de segmentation de la plaque en deux) (M.E.B.). Fig. 15 et 16: vue d'ensemble d'une cellule tératogène (15: microscopie photonique à contraste interférentiel; 16: M.E.B.). - Les valeurs des échelles sont exprimées en micromètres.

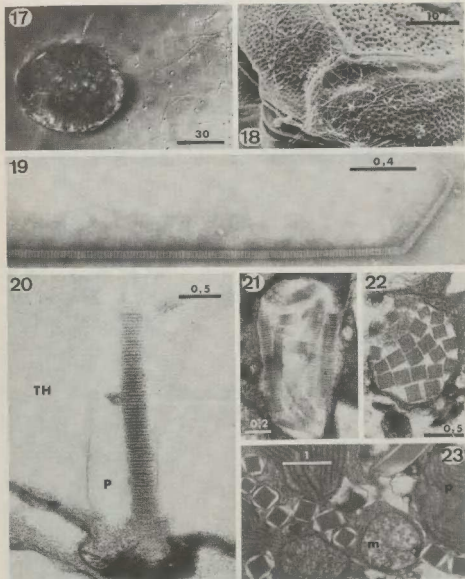
Figures 17 à 23: *Gambierdiscus toxicus*. - Fig. 17: vue d'une cellule traitée à la dibucaine montrant, à droite, de nombreux trichocystes déchargés (microscopie photonique à contraste de phase). Fig. 18: portion de la thèque sur laquelle adhèrent de nombreux trichocystes déchargés (M.E.B.). Fig. 19: extrémité apicale d'un trichocyste déchargé (M.E.T., coloration négative). Fig. 20: base d'un trichocyste déchargé, en place dans un pore (P) de la plaque thécale (TH) (M.E.T., coupe longitudinale). Fig. 21: vésicule renfermant plusieurs (?) trichocystes en coupe longitudinale (M.E.T.). Fig. 22: vésicule renfermant plusieurs (?) trichocystes en coupe transversale (M.E.T.). Fig. 23: fragment de cellule montrant plusieurs trichocystes en coupe transversale, chacun dans une vésicule indépendante, un autre en coupe longitudinale (en haut à droite), plusieurs morceaux de plastas (P) et deux mitochondries (M). Les valeurs des échelles sont exprimées en micromètres.

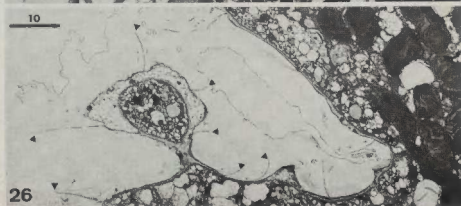
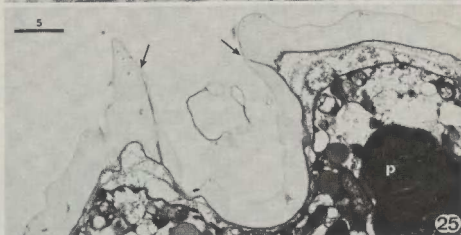
Figures 24 à 26: *Gambierdiscus toxicus*. - Fig. 24: coupe transversale dans la partie périphérique d'une cellule, montrant la membrane externe (flèche simple), la membrane externe de la vésicule thécale (flèche double), la plaque thécale (TH) et la membrane interne de la vésicule thécale (flèche triple) (M.E.T.). Fig. 25: coupe transversale d'une cellule dans la région du cingulum. Les flèches montrent les sutures entre les plaques (M.E.T.) p=plaste. Fig. 26: coupe transversale d'une cellule dans la région du sulcus, montrant de nombreuses sutures (flèches) entre les plaques (M.E.T.). - Les valeurs des échelles sont exprimées en micromètres.











Commission paritaire 16-1-1986 - N° 60590  
 Dépôt légal n° 15580 - Imprimerie de Montligeon  
 Sortie des presses le 21 mai 1991  
 Imprimé en France  
 Éditeur : A.D.A.C. (Association des Amis des Cryptogames)  
 Président : R. Baudoin; Secrétaire : D. Lamy  
 Trésorier : J. Dupont; Directeur de la publication : H. Causse